

Fascículo 3.8

Afidio vectores de virus importantes en la producción de tuberculos-semillas: identificación y estudio de poblaciones

Véronica Cañedo Torres

Introducción

Uno de los principales factores que determinan la buena productividad del cultivo de la papa es la calidad del tubérculo-semilla. Sin embargo, este cultivo se ve afectado por plagas y enfermedades que pueden ocasionar serias pérdidas. Se conocen más de 20 virus que infectan a la papa y muchos de ellos causan severas pérdidas en el rendimiento. Estos pueden ser diseminados mediante el uso de tubérculos-semillas infectados, por contacto con plantas infectadas, mediante el uso de herramientas contaminadas o por vectores como insectos, nematodos y hongos. Entre los principales insectos transmisores de virus se encuentran los áfidos (Raman, 1986), los cuales están adaptados tanto morfológicamente como por su comportamiento a su forma de transmisión.

Morfología de los Afidios

Los áfidos pertenecientes a la familia Aphididae del orden Homoptera y provienen principalmente de las regiones templadas del hemisferio septentrional. Son relativamente pocas las especies nativas de la región neotropical.

Los áfidos son insectos pequeños ovalados, ápteros o alados, de ectoesqueleto suave, blando y delicado, desnudos o provistos de una cobertura de excresiones cerosas; son activos, de movimientos lentos, pero raras veces sedentarios. Su cabeza es pequeña y se encuentra anchamente unida al tórax. Las antenas generalmente son setiformes, con los segmentos basales más gruesos, en tanto que el segmento terminal se prolonga en un filamento más delgado, denominado unguis o spur, provisto de numerosos sensorios conocido como "rhinaria" que pueden tener diferentes formas. Los ojos compuestos son hemisféricos, grandes y multifacetados en las formas aladas, a veces reducidos en las formas ápteras; los ocelos están presentes en las formas ápteras. La proboscis, llamada también rostrum, es corta o más larga que el cuerpo, está compuesta de 3 a 4 segmentos y presentan un aparato bucal picador-chupador. El tórax es desarrollado, con tres segmentos diferenciados en las formas aladas pero no así en las formas ápteras; en éstas sólo el protórax está diferenciado, en tanto que el meso y el metatórax están fusionados. Las formas aladas presentan dos pares de alas membranosas, transparentes y delicadas, las alas anteriores son de mayor tamaño que las posteriores y con venación más completa. El abdomen consta de 8 a 9 segmentos visibles, pero con la segmentación un tanto obliterada. Presentan, además, 7 pares de espiráculos abdominales. Muchas especies de este grupo tienen glándulas de cera que se abren al exterior en áreas especializadas del abdomen, así como también en los tubérculos laterales y dorsales ubicados en los diferentes segmentos abdominales. La mayoría de las especies de esta familia presentan en la parte dorso-lateral del sexto segmento abdominal un par de órganos denominados cornículus, siphunculi, o sifones que son típicamente tubulares, rectos o recurvados y de diferentes tamaños. Las especies en las cuales estas estructuras están bien desarrolladas pueden presentar un ducto y un orificio apical de salida, a través del cual excretan sustancias cerosas; en otras especies no son funcionales y pueden estar reducidos a simples anillos localizados sobre el ectoesqueleto; están ausentes en algunas especies. El ápice caudal del abdomen, denominado cauda, provee valiosos caracteres de orden taxonómico por su forma, número y el ordenamiento de las setas (Figura 1) (Raven, 1980).

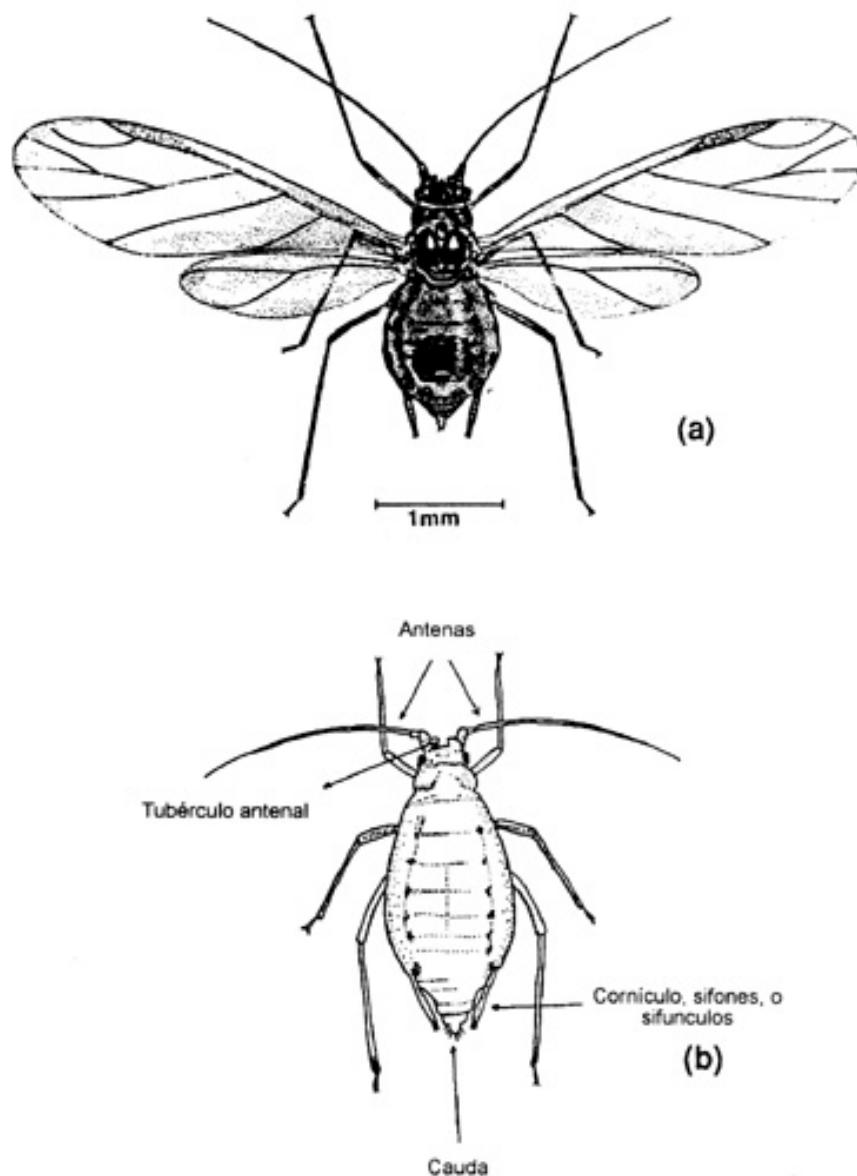


Figura 1 Morfología del áfido (a) alado y (b) áptero.

Distribución y Hospedantes

Los áfidos son de distribución mundial; en el Perú abundan en la Costa, aunque también se han encontrado en Sierra y Selva. Se han realizado muchos estudios sobre la distribución e importancia de los áfidos del cultivo de la papa en el Perú (Wille, 1943; Velarde, 1973; Valencia y Cárdenas, 1973; Valencia et al., 1975;

Ortiz, 1980; Da Silva, 1980). Las especies que predominan son *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *Macrosiphum euphorbiae* y *Aulacorthum solani*. Además, se han constatado infestaciones por *M. persicae* en brotes de papas encima los 3000 msnm. El áfido de mayor importancia a nivel mundial es *Myzus persicae*, el cual no solamente causa un daño directo sino que tiene la capacidad de transmitir más de 100 enfermedades de virus en plantas que pertenecen a cerca de 30 familias diferentes; entre los principales cultivos que afecta se incluyen papa, tabaco, caña de azúcar, crucíferas, cítricos, entre otras (van Emden, 1969).

Los áfidos son insectos altamente polívoros y poseen un amplio rango de hospedantes dentro de las plantas cultivadas o silvestres, lo que les permite producir grandes poblaciones de individuos alados que visitan y colonizan los cultivos de papa.

Ciclo de desarrollo y daños que causan

Los áfidos son insectos con metamorfosis gradual o paurometábola. Todos son polimórficos, es decir tienen formas aladas y ápteras. Presentan además heterogamia o reproducción cíclica, en la cual se alternan generaciones partenogenéticas con reproducción sexual. Esto mayormente se produce en las zonas con estaciones marcadas como la región Holártica, donde hay machos, y donde los individuos invernán en estado de huevo en las épocas de climas inapropiados para la reproducción; en la región Neotropical sólo presentan reproducción partenogenética. Esta reproducción (donde no hay cópula ni hay machos) es de suma importancia; las hembras paren directamente ninfas, que cuando llegan a adulto pueden presentar alas o no. La migración se realiza a través de las formas aladas que empiezan a desarrollarse cuando las condiciones de la planta hospedante no son favorables, o bien cuando la colonia tiene un exceso de individuos ápteros, que son los responsables de la dispersión y colonización de las nuevas plantas, así como de la transmisión de las enfermedades virales (Richard y Davis, 1984; Vergara y Galeano, 1994).

Su ciclo de desarrollo es corto; para las condiciones de Costa central se ha determinado que *M. persicae* puede tener un promedio de 38 generaciones por año (Herrera, 1963).

Casi todas las partes de la planta pueden ser atacadas por los áfidos, pero son más frecuentes los ataques en los brotes, tallos u hojas tiernas, aunque también se les puede encontrar sobre los tubérculos (Valencia, 1975).

Los áfidos causan daños económicos al extraer la savia de las plantas en grandes cantidades debilitándolas o bien causando cambios fisiológicos que inducen deformaciones, amarillamientos o agallas. Como ingieren más savia de la que tolera su cuerpo, el exeso es excretado en forma de un líquido azucarado, que a su vez sirve de sustrato para la proliferación de un hongo denominado fumagina (*Capnodium* sp.), que interfiere con la función clorofiliana de las plantas y puede reducir el rendimiento hasta en 25% en cultivos como la papa.

El mayor daño que causan los áfidos es como vectores de virus, como en el caso del virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV) que puede ocasionar pérdidas hasta del 90%, (Jayasinghe, 1988).

Afidio vectores de virus

El principal vector o transmisor de las enfermedades virosas de la papa es el pulgón verde de la papa o pulgón verde del melocotonero, *Myzus persicae* Sulzer. (Ragsdale et al., 1994). En condiciones naturales, los virus de papa pueden ser transmitidos de plantas infectadas a plantas sanas de varias maneras.

Transmisión mecánica.-Varios virus que afectan papa pueden diseminarse por contacto entre las plantas o pueden ser transmitidos por equipos, maquinarias, animales y aun por los operarios. Los virus ingresan a la planta sana a través de pequeñas heridas. Algunos virus pueden diseminarse cuando los brotes de los tubérculos sanos se ponen en contacto con los de los tubérculos infectados en el almacén.

Transmisión biológica.-Es la transmisión realizada por insectos, es la más importante en el cultivo de papa, pues los dos virus más ampliamente distribuidos (PLRV y PVY) son transmitidos por áfidos. Esta puede ser de dos tipos:

Transmisión no persistente.-Los áfidos pueden adquirir los virus durante los breves períodos en que prueban los tejidos epidérmicos de las plantas infectadas o cuando se alimentan de ellos. Sólo toma unos segundos que las partes bucales se contaminen y luego el áfido puede transmitir los virus inmediatamente a otras plantas. Los áfidos pueden mantenerse infectivos durante un período corto (menos de 2 horas) y pueden transportar virus a cortas distancias. Estos virus son rápidamente eliminados por los insectos. Todos los virus de papa, con excepción de PLRV, son transmitidos de manera no persistente, (Ortego, 1993; Barrera, 1995).

Transmisión persistente.-Los virus que son transmitidos de forma persistente se localizan en el floema de las plantas. Para adquirirlos, un áfido tiene que alimentarse del floema por largos períodos (20 a 30 minutos).

El virus ingresa en el cuerpo del áfido y durante un período adicional de incubación, que dura varias horas, los áfidos permanecen normalmente no virulíferos. Luego el virus persiste durante el resto de la vida del áfido y puede ser llevado a largas distancias. El virus del enrollamiento de la hoja de la papa (PLRV) es transmitido de esta forma; este es el virus más importante en papa (Raman, 1986).

Afidios en el cultivo de papa

En el cultivo de la papa encontramos áfidos de hábitos aéreos y subterráneos (Valencia y Trillos, 1986).

Entre los que tienen hábitos aéreos tenemos:

Myzus persicae (Sulzer)

Macrosiphum euphorbiae (Thomas)

Aulacorthum solani (Kaltenbach)

Aphis gossypii (Glover)

Aphis nasturtii (Kaltenbach)

Entre los que atacan a la porción subterránea están:

Rhopalosiphum rufiabdominalis (Sasaki)

Rhopalosiphoninus latysiphon (Davidson)

Identificación de los principales áfidos de papa

En general los áfidos presentan diversas formas y características que pueden ser usadas para su identificación. Sólo algunas son importantes para una identificación práctica; entre ellas se incluye: la forma, color, tamaño y forma de los tubérculos antenales (Figura 2), y la longitud de las antenas, abdomen y sifones. Estas características pueden ser observadas mediante una preparación en lámina de los áfidos, con una técnica de montaje y haciendo uso de un microscopio estereoscópico. Por otro lado, también pueden ser identificados en el campo o de las muestras recuperadas de las trampas amarillas, directamente, usando una lupa de 20X.

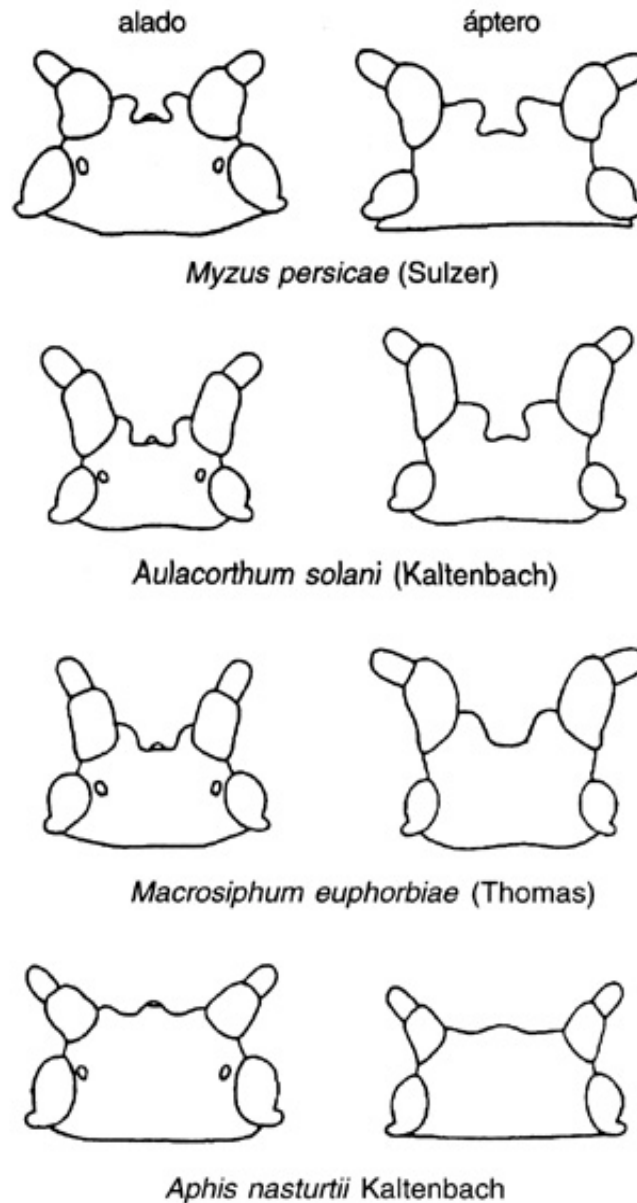


Figura 2 Formas de la cabeza de los áfidos (Mac Gillivray, 1979).

A continuación se presenta una breve descripción de los áfidos que colonizan la papa.

Myzus persicae.-Cuerpo de color rosado oscuro, cremoso, amarillento, verde claro o casi incoloro. Tubérculos antenales desarrollados y convergentes, antenas del mismo tamaño del cuerpo. Abdomen del mismo color del cuerpo, con una mancha característica. Cornículos o sifones del mismo color del cuerpo con las puntas más oscuras, ligeramente hinchados en la parte distal. Cauda corta y puntiaguda. Se les puede encontrar en la planta sobre brotes, follaje, especialmente en las hojas basales (Figura 3).

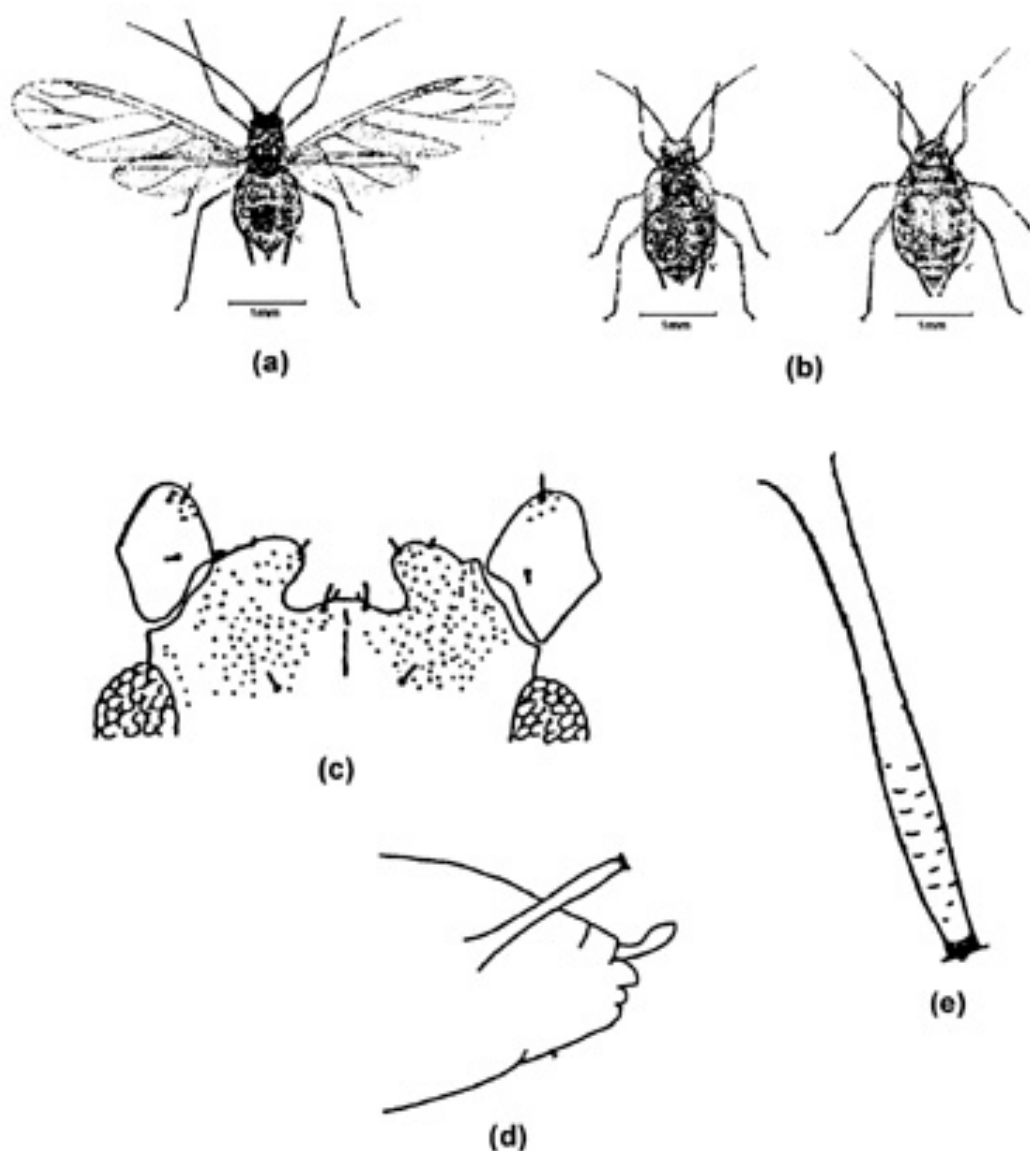


Figura 3 *Myzus persicae* (a) alado, (b) áptero, (c) tubérculos antenales, (d) vista lateral del abdomen, (e) sifunculos.

Macrosiphum euphorbiae.-Cuerpo alargado en forma de cuña, con diversos tonos de verde, rosado o amarillo. Tubérculos antenales desarrollados y divergentes, antenas más largas que el cuerpo. Abdomen del mismo color del cuerpo sin manchas oscuras. Cornículos o sifones cilíndricos, muy largos y extendidos hacia afuera, del mismo color del cuerpo, a veces con el ápice más oscuro. Cauda larga. Se les puede encontrar en la planta especialmente sobre las hojas superiores, brotes, tallos y flores (Figura 4).

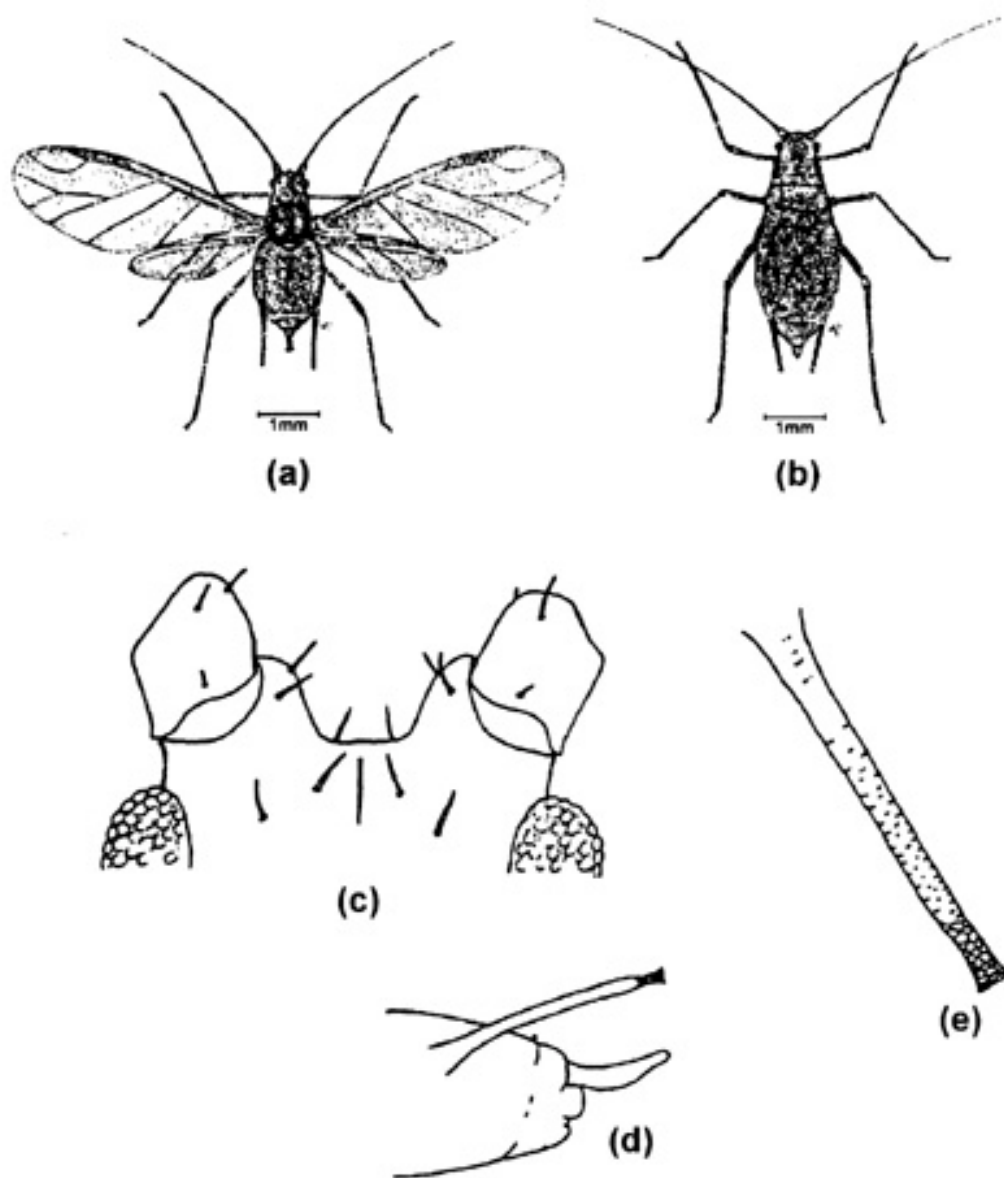


Figura 4 *Macrosiphum euphorbiae* (a) alado, (b) áptero, (c) tubérculos antenales, (d) vista lateral del abdomen, (e) sifunculos.

***Aulacorthum solani*.**-Cuerpo en forma de pera, globular en la parte más ancha, ligeramente por encima de los sifones. Cuerpo brillante amarillo, verdoso claro a verde oscuro, a veces ligeramente castaño. Tubérculos antenales desarrollados y paralelos, antenas más largas que el cuerpo. Abdomen del mismo color del cuerpo con manchas marrones a olivo. Cornículos o sifones rectos con los bordes levantados, prominentes en las puntas que son oscuras. Cauda cónica. Se les puede encontrar en la planta sobre hojas y flores (Figura 5).

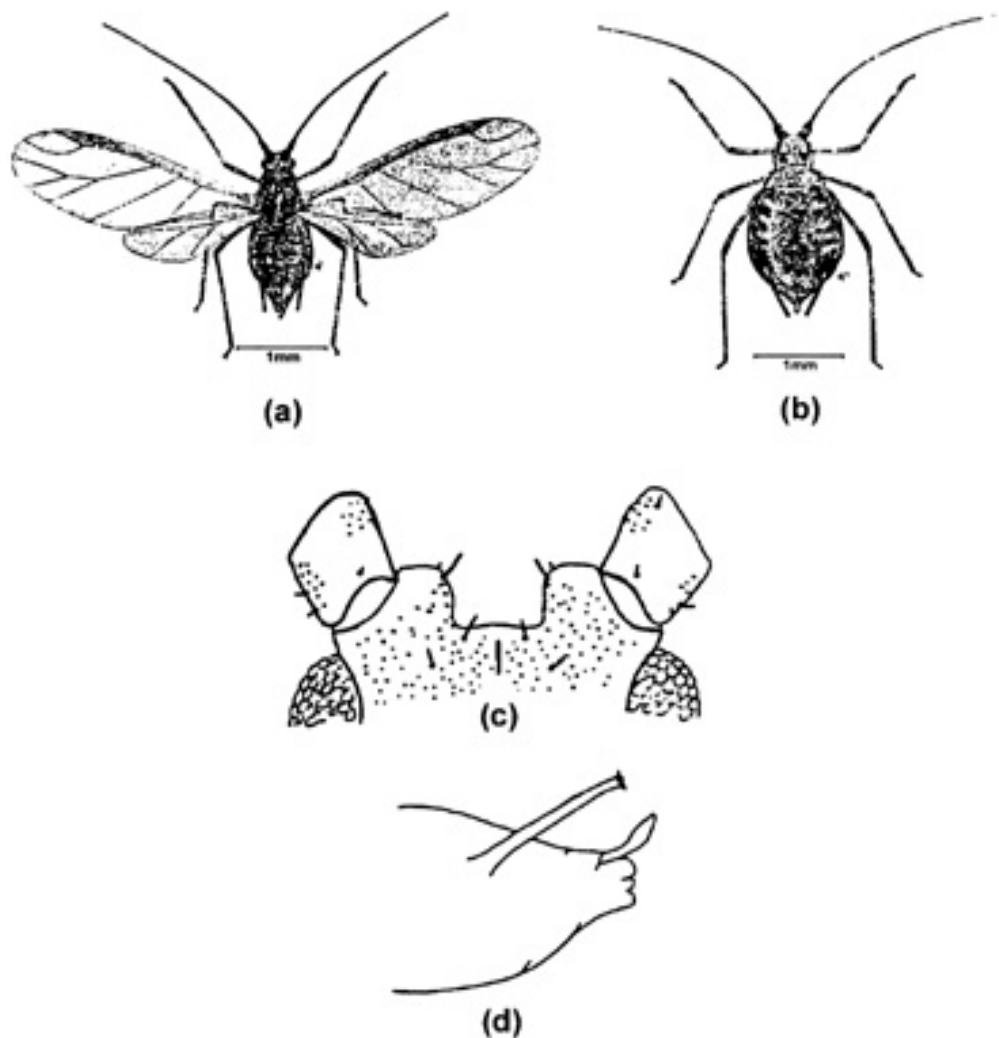


Figura 5 *Aulacorthum solani* (a) alado, (b) áptero, (c) tubérculos antenales, (d) vista lateral del abdomen.

Aphis gossypii.-Cabeza y tórax de color negro; abdomen amarillento a verde. Sin tubérculos antenales. Antenas más cortas que el tamaño del cuerpo. Abdomen con manchas oscuras laterales. Cornículos o sifones oscuros. Cauda corta similar a un dedo. Se les puede encontrar en la toda la planta (Figura 6).

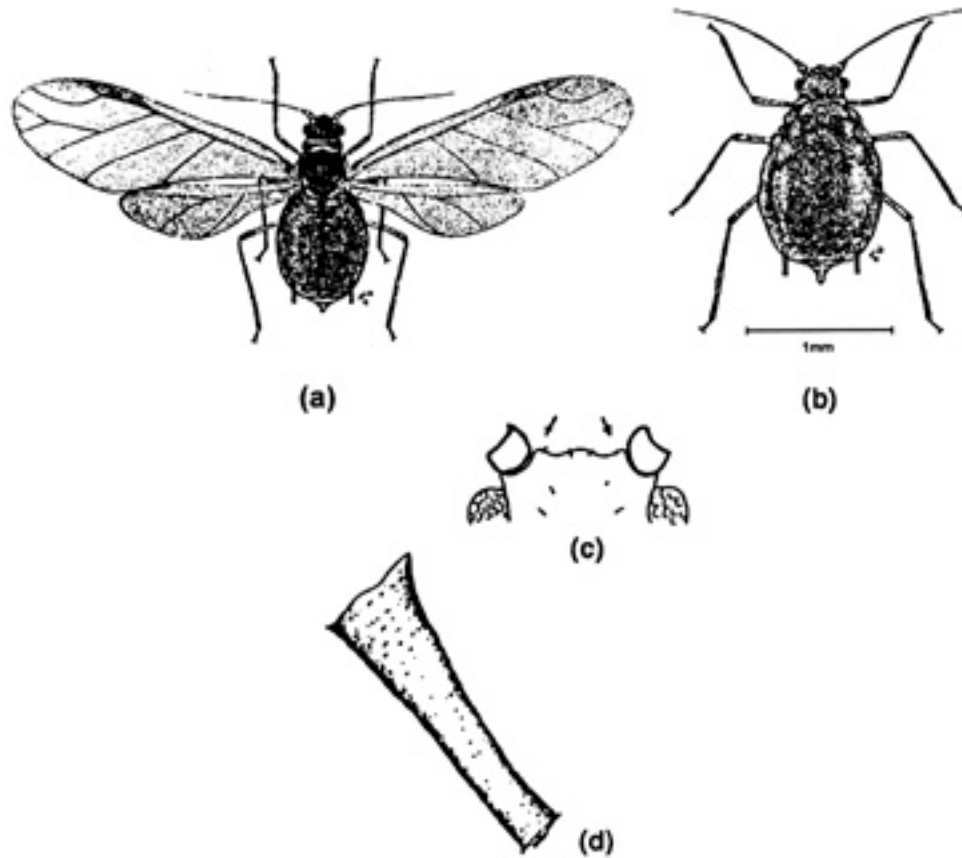


Figura 6 *Aphis gossypii* (a) alado, (b) áptero, (c) cabeza, (d) sifunculos.

Rhopalosiphum rufiabdominalis.-Cabeza y tórax de color verde olivo oscuro. Tubérculos antenales ligeramente desarrollados. Antenas y cuerpo con largas setas; cuerpo de coloración verde con marcas anaranjado-oscuras entre y en la base de los sifones. Cornículos o sifones oscuros, casi cilíndricos, más delgados hacia el borde. Cauda clara. Se les puede encontrar en las raíces de la planta.

Rhopalosiphoninus latysiphon.-Cabeza de color negro. Tubérculos antenales desarrollados, paralelos internamente. Antenas más largas que el cuerpo. Abdomen verde olivo con una mancha dorsal trapezoidal negra. Cornículos o sifones negros, fuertemente engrosados en el centro, cilíndricos en la base y los ápices. Cauda grisácea y de forma triangular. Se les puede encontrar en los brotes y en las partes subterráneas de la planta (Cermeli, 1984).

Clave para la identificación en el campo de las principales especies de afidios de la papa

Apteros

- | | | |
|-------|--|---|
| 1. | De hábitos subterráneos | 2 |
| 1a. | De hábitos aéreos | 3 |
| 2(1) | Antenas de 5 segmentos, más cortas que el cuerpo de color verde oscuro con área rojo carmín alrededor y entre los sífúnculos, que son cortos ligeramente engrosados, con reborde pronunciado
<i>Rhopalosiphum rufiabdominalis</i> (Sasaki) | |
| 2a. | Antenas de 6 segmentos, más largas que el cuerpo de color verde con mancha dorsal oscura. Sífúnculos engrosados exageradamente en la parte media, en forma de vejiga
<i>Rhopalosiphoninus latysiphon</i> (Davidson) | |
| 3(1a) | Cuerpo de color negro mate, a veces con barras cerosas dorsales de color blanco
<i>Aphis fabae</i> (Scopoli) | |
| 3a. | Cuerpo de color amarillo a verde oscuro | 4 |
| 4(3a) | Tubérculos frontales poco desarrollados. Sífúnculos cortos, cauda con ápice romo | 5 |
| 4a. | Tubérculos frontales bien desarrollados. Sífúnculos largos, cauda con ápice puntiagudo | 6 |
| 5(4) | Sífúnculos negros. Cauda de color más claro que el cuerpo
<i>Aphis gossypii</i> Glover | |
| 5a. | Sífúnculos claros en la base, negros en el ápice. Cauda del color del cuerpo
<i>Aphis nasturtii</i> Kaltenbach | |
| 6(4a) | Sífúnculos ligeramente engrosados en el tercio distal
<i>Myzus persicae</i> (Sulzer) | |
| 6a. | Sífúnculos cilíndricos | 7 |
| 7(6a) | Sífúnculos con reborde pronunciado, con área basal de tonalidad más oscura
<i>Aulacorthum solani</i> (Kaltenbach) | |

- 7a. Sifúnculos con reborde no pronunciado, sin área basal diferenciada
Macrosiphum euphorbiae (Thomas)

Alados

1. Cabeza, tórax y abdomen de color marrón o negro mate. Cauda del mismo color, espatulada
Aphis fabae (Scopoli)
- 1a. Cabeza y tórax de color marrón o negro. Abdomen desde el verde oscuro al amarillento. Cauda más clara que el color del abdomen 2
- 2(1a) Tubérculos frontales poco desarrollados. Antenas más cortas que el cuerpo 3
- 2a Tubérculos frontales bien desarrollados. Antenas del mismo largo o más largas que el cuerpo 5
- 3(2) Antenas de 5 segmentos. Abdomen verde oscuro con bandarajiza rodeando la base de los sifúnculos ligeramente engrosados y con reborde pronunciado
Rhopalosiphum rufiabdominalis (Sasaki)
- 3a Antenas de 6 segmentos. Abdomen verde oscuro a amarillento
Sifúnculos subcilíndricos, sin reborde pronunciado 4
- 4(3a) Cauda más clara que el color del abdomen. Esclerito post-sifuncular en forma de herradura
Aphis gossypii Glover
- 4a Cauda del color del abdomen. Esclerito post-sifuncular ausente
Aphis nasturtii Kaltenbach
- 5(2a) Abdomen sin escleritos dorsales
Macrosiphum euphorbiae (Thomas)
- 5a Abdomen con escleritos dorsales 6
- 6(5a) Sifúnculos muy engrosados. Abdomen verde oliva con mancha dorsal uniforme
Rhopalosiphoninus latysiphon (Davidson)
- 6a Sifúnculos cilíndricos o ligeramente engrosados. Abdomen verde claro con bandas transversales o trapezoidal 7
- 7(6a) Sifúnculos cilíndricos. Escleritos dorsales en forma de barras transversales
Aulacorthum solani (Kaltenbach)

7a Sifúnculos ligeramente engrosados. Escleritos dorsales unidos en forma trapezoidal

Myzus persicae (Sulzer)

Estudio de las poblaciones de áfidos en la relación con la producción de tubérculos-semillas

La incidencia de algunas enfermedades virales importantes en la producción de tubérculos-semillas de papa dependen principalmente del desarrollo de las poblaciones de áfidos durante el ciclo vegetativo y de las fuentes o focos de infección de la zona (van der Zaag, 1983). En un programa de semillas hay que tener en cuenta que no todas las especies de áfidos transmiten virus, por lo que es necesario identificar y conocer qué especies se encuentran en una determinada área. También es necesario conocer su dinámica y densidad poblacional, el momento en que se inician las infestaciones en un determinado campo y su dispersión (Ortego, 1991).

Muchas especies se mueven sistemáticamente entre dos diferentes grupos de plantas en el curso de un ciclo completo de desarrollo. El movimiento de los individuos alados a grandes distancias puede ser considerado como una migración dispersiva. Pero el ligero peso y relativo gran tamaño de las alas ocasionan que el viento los desplace fácilmente y los arrastre a grandes distancias. La ausencia de una migración típica en algunas especies conduce a que las ninfas se agreguen alrededor de la madre, cuando las condiciones del hospedero son favorables.

El comportamiento de *Myzus persicae* es diferente. Las ninfas se dispersan sobre las hojas buscando mejores lugares de alimentación o hacia otras plantas caminando por el suelo (Schneider, 1962).

La dispersión de los áfidos en el campo se puede producir de dos maneras: 1) Un áfido puede llegar libre de virus al campo, alimentarse de plantas enfermas y adquirir el o los virus, para luego alimentarse de otras plantas sanas y de esa manera transmitir los virus. 2) Un áfido ya contaminado puede llegar a un campo sano, alimentarse y transmitir la enfermedad.

Observaciones realizadas en campos de papa han demostrado una escasa correlación entre el número de áfidos ápteros presentes y la dispersión de éstos en el campo; sin embargo, sí hay una correlación entre los áfidos capturados en las trampas y la cantidad de plantas infectadas dispersas en el campo (van Harten, 1978). Por este motivo es de suma importancia el estudio de las poblaciones de áfidos en los campos de papa destinados a la producción de semilla.

Para determinar poblaciones se han probado diferentes métodos, dentro de los cuales el más importante es el uso de trampas amarillas de agua para detectar a la población migrante. El uso de estas trampas determina el movimiento de los alados, la época de mayor abundancia, su relación con la incidencia de las enfermedades virales y el reconocimiento de las especies de una determinada área.

Hay tres métodos de estudio de las poblaciones de los áfidos:

1. Contaje de áfidos en plantas: Llamado también método del golpeado, es una técnica rápida y eficiente que se usa temprano en la temporada de cultivo, cuando las plantas están jóvenes y las poblaciones de áfidos son bajas. Debe ser usada principalmente para detectar la migración inicial de los áfidos alados en un campo de papa. Normalmente esta migración no puede ser detectada solamente con las trampas.

Se observan aproximadamente 50 plantas seleccionadas al azar de las primeras hileras del borde, por donde el viento llega al campo y donde se establecen los primeros áfidos alados. Se coloca una cartulina, papel o bandeja de color claro, que abarque toda la planta debajo de un lado de ésta, se sacude suavemente la planta sobre la cartulina y se procede a contar. Aunque algunos áfidos pueden volar si la planta se sacude violentamente, el método es bastante confiable. No se debe realizar cuando las poblaciones de áfidos son altas.

2. Contaje de áfidos por hojas: La transmisión de virus está más estrechamente relacionada con el avance de la infestación de áfidos de planta a planta que con el número de total de áfidos en una planta dada. El avance de la infestación de áfidos puede ser observado por este método. Cuando las plantas maduran y desarrollan más hojas, se deben contar los áfidos presentes en hojas por lo menos una vez por semana para observar la infestación. Esta técnica también puede ser usada en aquellos campos que no pueden ser visitados con mucha frecuencia para efectuar el estudio con las trampas de agua. Para esto se seleccionan al azar 50 plantas de todo el campo y se observan tres hojas desarrolladas de cada planta, del tercio superior, medio e inferior. Los áfidos se localizan en el envés de las hojas y hay que tener cuidado de no aplastarlos. El contaje del número de áfidos alados y ápteros se puede realizar con una lupa de 10 aumentos.

Cuando los áfidos se encuentran dispersos, el número promedio de áfidos por hojas o por planta describe perfectamente a la población presente (Heathcote, 1972)

3. Trampas amarillas de agua: La migración de los áfidos de un cultivo de papa a otro y dentro del mismo cultivo se debe al vuelo de los adultos alados. El color amarillo brillante es especialmente atractivo para *Myzus persicae* y los datos obtenidos proporcionan una información precisa sobre el vuelo de los áfidos.

Hay dos tipos de trampas de agua: rectangular y circular. Generalmente se usan bandejas cuyo fondo está pintado de color amarillo y sus paredes laterales de color gris. El área de las trampas debe ser lo suficientemente grande como para cubrir un área que corresponda a la extensión de una planta de papa madura (30 cm. de diámetro). El tamaño y forma de las trampas que se usan en un campo deben ser iguales. Deben tener un tubo de drenaje para facilitar el cambio de agua y la recolección de los insectos atrapados. Además, debe tener un rebosadero en un lado, cubierto con una malla delgada que permita el flujo del exceso de agua, sin que los áfidos se pierdan. Se deben colocar dos trampas dentro del campo, a una distancia de 5 metros entre ellas, o de lo contrario en los bordes del campo, lo que permite una manipulación fácil. La trampa se llena con agua (2-3 cm aproximadamente) y para romper la tensión superficial se le agrega unas gotas de detergente líquido o jabón. Se debe cambiar el agua y recolectar los insectos semanalmente, luego llevarlas al laboratorio donde serán separados e identificados. Las muestras recolectadas pueden ser guardadas en alcohol al 70%, si no son procesadas de inmediato.

Como no todos los áfidos tienen la misma atracción por el color amarillo, los resultados obtenidos con diferentes métodos de captura no son los mismos. Por este motivo en algunos lugares se usan las trampas de succión, que consisten en captar un cierto volumen de aire, para determinar el número de áfidos capturados. Sin embargo, este equipo solamente puede ser usado para estimar el desarrollo general de la población y no para determinar la densidad poblacional en el follaje de una determinada localidad ni para la evaluación de la infestación en el campo de cultivo (Peters, 1987).

Como cada método de control presenta una ventaja específica, se recomienda que se aplique más de uno durante la temporada del cultivo. El total de áfidos ápteros puede ser menos importante en el tiempo que los áfidos alados. La dispersión temprana de virus en un cultivo es mucho más seria que la dispersión tardía, debido principalmente a que las plantas más jóvenes son más susceptibles a la infección de virus transmitidos por insectos que las plantas de mayor edad. Las primeras son las fuentes de infección de virus más importantes para una dispersión secundaria.

El contejo de áfidos en las plantas ayuda a detectar el comienzo de la infestación por áfidos. El contejo de áfidos en las hojas revelan el movimiento de los áfidos y la acumulación poblacional dentro de un cultivo. Los datos pueden ser representados gráficamente, usando como variable el tiempo; de este modo se muestra el avance de la infestación. El movimiento de los áfidos alados está más relacionado con la transmisión de virus.

En estudios realizados en tres zonas agroecológicas de Colombia (Sánchez et al., 1991) las cuales se encuentran a diferentes altitudes: Páramo (3200 msnm), Media (2600 msnm) y Baja (2150 msnm), se encontraron diferencias en las poblaciones de áfidos en los dos semestres del año (Cuadro 1), que se correlacionaron con la incidencia de virus que se presentó en dichas zonas (Cuadro 2).

Cuadro 1 Presencia de áfidos en el cultivo de papa en tres zonas agroecológicas de Colombia.

Zona Agro-ecológica	Altitud (msnm)	Promedio del número de áfidos/planta				
		Semestre	Plantas testigo		Plantas enfermas	
			Apteros	Alados	Apteros	Alados
Páramo	3200	1	0.1	0.0	0.0	0.0
		2	0.7	0.0	0.7	0.0
Media	2600	1	4.0	0.1	10.0	1.0
		2	41.0	0.3	23.0	0.3
Baja	2150	1	50.0	-	28.0	1.0
		2	-	5.3*	-	-

Fuente: Sánchez et al., 1991.

* No se especificaron estadíos.

Cuadro 2 Incidencia total de virus en cuatro variedades después de dos generaciones de papa en el primer y segundo semestre del año.

Zona	Incidencia total de virus (%) (Promedio de cuatro variedades)			
	1er. Semestre		2do. Semestre	
	Testigo	Inf. Natural	Testigo	Inf. Natural
Páramo	1	18	27	30
Media	4	34	22	46
Baja	12	69	8	87

Fuente: Sánchez et al., 1991.

Estos resultados muestran una alta correlación entre las poblaciones de áfidos, la incidencia de virus y la altitud, ya que se encontró mayor incidencia de virus y presencia de áfidos en la zona más baja, donde las temperaturas son más altas, lo que favorece una alta población y movilidad de los áfidos.

Los datos obtenidos y las consideraciones sobre la susceptibilidad varietal, la fecha de siembra del cultivo, las medidas de control para los áfidos, el manejo cultural y las condiciones climáticas serán útiles para realizar una buena selección del área de producción de semilla. También la época de siembra adecuada para aplicar insecticidas, así como la programación de las fechas de cosecha y destrucción del follaje, ayudará también a reducir la cantidad de áfidos en el campo. En las áreas apropiadas para la producción de semilla sólo se capturan unos pocos áfidos de *M. persicae* alados. La correlación es más estrecha entre el número de individuos capturados por trampa amarilla y la diseminación de PLRV que la de PVY, porque PLRV es el virus de mayor importancia y generalmente el indicador más práctico y preciso de las medidas que se deben tomar.

Prevención de las enfermedades Transmitidas por áfidos

A continuación se indican las medidas que se utilizan para la prevención de las enfermedades virales transmitidas por áfidos (Raman, 1986; Jayasinghe, 1988):

- 1. Selección del área de cultivo:** Seleccionar las áreas de producción de semilla con base en el estudio de las poblaciones de áfidos por lo menos con 2 años de anticipación. Los campos deben estar situados de tal manera que el viento no llegue de los campos de papa de consumo o de hospederos alternantes. Lo ideal sería que los campos de producción de semilla estén situados en áreas completamente diferentes a las de los campos destinados al consumo.
- 2. Época de siembra:** La época de migración de los áfidos es mucho más importante que el número total de individuos capturados, pues nos permite manejar la época de siembra.

3. Eliminación de fuentes de infección: Es necesario llevar a cabo la eliminación de los hospederos primarios, tanto dentro del campo como fuera de él, tan pronto como sea posible, al igual que en las zonas aledañas y evitar la cercanía a huertos de frutales especialmente de duraznero. Dentro del campo se consideran las plantas de papa infectadas, plantas voluntarias y malezas de flores amarillas.

4. Uso de variedades resistentes: Conseguir variedades de papa resistentes a la infección o a la multiplicación de virus es necesario pero difícil porque se debe al efecto aditivo de muchos genes.

5. Época de cosecha: Después de que un áfido virulífero ha estado alimentándose en el follaje, necesita de un tiempo para que llegue a los tubérculos. Por eso se recomienda cosechar a más tardar de 8 a 10 días después de que el estudio de poblaciones indique una acumulación crítica de áfidos. Ese plazo es suficiente para que la infección de virus llegue a los tubérculos.

6. Almacenamiento de los tubérculos: Los tubérculos deben estar protegidos para evitar la infestación con áfidos y la posible transmisión de virus.

7. Control químico: Este resulta efectivo para los áfidos que colonizan al cultivo y para los vectores de virus persistentes. Se recomienda el uso de productos granulados sistémicos aplicados al suelo al momento de la siembra. Para los áfidos alados migrantes que transmiten virus no circulativos, no hay insecticidas con un efecto tóxico tan rápido como para matar al vector antes de que llegue a transmitir los virus.

Técnica de montaje de áfidos

1. Seleccionar los ejemplares y pincharlos en el abdomen.
2. Colocarlos en baño María en alcohol al 70 % durante 5 minutos.
3. Pasar los especímenes a una solución de hidróxido de potasio al 70 % durante 5 minutos.
4. Lavar las muestras en alcohol al 70%.
5. Diafanizar en baño María en cloral fenol.
6. Montar sobre una solución de Berleese y cubrir con un cubre objetos.

Reactivo de Berleese

1. Goma arábica 12 gramos
2. Hidrato de cloral 20 gramos
3. Glicerina pura 6.5 cc
4. Agua destilada 40 cc

Preparación:

- a) Mezclar las sustancias 1 y 4.
- b) Mezclar las sustancias 2 y 3.
- c) Filtrar.
- d) Concentrar por medio de calor.

Diafanizante (Cloral fenol)

1. Preparar una solución saturada de fenol.

2. Preparar el hidrato de cloral saturado y mezclar ambas soluciones.

Referencias Bibliograficas

Barrera, C. 1995. Características generales de los virus y la importancia de las enfermedades que causan. En: Manual Técnico sobre Producción de Tubérculos-Semillas de Papa. O. Hidalgo (Ed.). 8 p.

Cermeli L.M. 1984. Claves para la identificación de áfidos capturados en trampas en Venezuela. Serie A N° 2-02. FONAIAP, Maracay, Venezuela. 162 p.

Da Silva, T.,M. Ortiz y D. Ojeda. 1980. Aphididae (Homoptera) del departamento de Lambayeque. Rev. Per. Ent. 23(1): 121-123.

Herrera, J. 1963. Problemas insectiles en el cultivo de papa en el valle de Cañete. Rev. Per. Ent. 6(1):1-9.

Jayasinghe, U. 1988. El virus del enrollamiento de la hoja de la papa; PLRV. Lima, Perú, Centro Internacional de la Papa. 21 p. (Boletín de Información Técnica No. 22).

Mac Gillivray M.E. 1979. Aphids infesting potatoes in Canada: A field guide. Minister of supply and Services Canada. 23 p.

Ortego J. 1991. Presencia y actividad de áfidos vectores de PVY en dos localidades productoras de tubérculo-semilla de papa en Malarg e, Mendoza, Argentina. Rev. Lat. Papa. 4:86-102.

Ortego J. 1992/93. Importancia de los hospederos primarios de *Myzus persicae* Sulzer en la epidemiología del PVY. Rev. Lat. de la Papa. 5/6:64-76.

Ortiz, M. 1980. Aphididae (Homoptera) provenientes de la ceja de selva, Tingo María (Huánuco-Perú). Rev. Per. Ent. 23(1): 119-120.

Peters, D., 1987. Spread of viruses in potato crops. En: Viruses of potatoes and seed-potato production. J.A. de Bokx & J.P.H. van der Want (eds.). Pudoc, Wageningen, Wageningen. 259 p.

Raven, K. 1980. Apuntes del curso de sistemática de insectos. Curso de Graduados, Especialidad de Entomología. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Ragsdale D.W., E.B. Radcliffe, A.D. Difonzo y M.S. Connelly. 1994. Action thresholds for an aphid vector leafroll virus. En: Advances in Potato Pest, Biology and Management. G.W. Zehnder, M.L. Powelson, R.K. Jansson & K.V. Raman (eds.). American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minnesota, USA.

Raman K.V. 1986. Transmisión de Virus de papa por áfidos. Boletín de Información Técnica N°2. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima. 22 p.

Richards, O.W. y R.G. Davies. 1980. Tratado de Entomología IMMS, Estructura, fisiología y desarrollo. Vol.1. 438 pp.

Sánchez de Luque, C., P. Corzo y O. Pérez. 1991. Incidencia de virus de papa y su efecto sobre el rendimiento en tres zonas agroecológicas de Colombia. Rev. Lat. de la Papa 4: 36-51.

Valencia, L. y N. Cárdenas. 1973. Los áfidos (Homoptera: Aphididae) del valle de Ica, sus plantas hospederas y enemigos naturales. Rev. Per. Ent. 16(1): 6-14.

Valencia, L. y O. Trillos. 1986. Áfidos de papa: Identificación, biología, descripción de daños y métodos de seguimiento. En: Memorias del Curso sobre Control Integrado de Plagas de papa. Bogotá, Colombia.

Valencia, L., C. Guerra y F. Gutarra. 1975. Los áfidos (Homoptera: Aphididae) del valle del Mantaro, sus plantas hospederas y enemigos naturales. Rev. Per. Ent. 18(1): 90-97.

van der Zaag D.E. 1983. La patata de siembra fuentes de suministro y forma de utilizarla. Instituto Consultivo Holandés sobre la Patata y Ministerio de Agricultura y Pesca, La Haya. 40 p.

van Emden, H.F., V.F. Eastop, R.D. Hughes y M.S. Way. 1969. The ecology of *Myzus persicae*. Ann. Rev. Ent. 14:197-270.

van Harten A. 1978. Potato aphid identification and virus dispersal course. Resumen del curso organizado por el CIP, junio 5-9, 1978, Izmir, Turquía.

Velarde, G. 1973. El cultivo de papa en Ica. Estación Experimental agrícola San Camilo. Asoc. de agricultores de Ica. Bol. Nº 17. 65 p.

Vergara R.R. y O.P. Galeano. 1994. Interacciones poblacionales entre áfidos y sus enemigos naturales en algodónero, en dos zonas del Tolima. Rev. Col. Ent. 20(1):15-22.

Wille, J. 1952. Entomología agrícola del Perú. Junta de sanidad vegetal, Ministerio de Agricultura.